

極微弱光の情報検出に関する研究

著者	市村 勉
号	287
発行年	1970
URL	http://hdl.handle.net/10097/9023

氏 名(本籍) 市 村 勉(茨城県)

学 位 の 種 類 工 学 博 士

学 位 記 番 号 工 博 第 2 8 7 号

学位授与年月日 昭和46年3月25日

学位授与の要件 学位規則第5条第1項該当

研究科専門課程 東北大学大学院工学研究科
(博士課程)電子工学専攻

学 位 論 文 題 目 極微弱光の情報検出に関する研究

(主査)

論文審査委員 教授 稲場 文男 教授 虫明 康人

教授 高橋 正 教授 松尾 正之

論 文 内 容 要 旨

可視域を中心として紫外から赤外部にわたる光波を用いるエレクトロニクスは、近年急速に研究開発が組織化され、実用化が進められている。この間レーザーをはじめ、さまざまな新しい装置や応用分野が開拓されたが強度の極めて弱い光の検出や情報抽出に関する系統的研究は、従来はほとんど行なわれていなかった。

本論文は上述のような状況のもとで、極微弱光の情報検出方式に関して理論と実験の両面より統一的な研究を行なうものである。特に現在、近紫外から近赤外域にわたり最も高感度を有する光電子増倍管を用いて、極微弱光の電力情報ならびにスペクトル情報を検出するための諸方式を分類し、統一的観点よりそれらの動作特性を解析している。本論文の構成は、全文9章よりなる。

第1章は総論である。第2章は極微弱入射光に対する光電子増倍管の基本的動作に関して、アナログおよびデジタル動作の両面より理論的検討を行ない、検出帯域幅に依存する両者の動作領域

を定量的に解明するものである。また、光の電力およびスペクトル情報と光電変換された光電流出力の周波数特性の関係を明確にしている。

第3章では極微弱光の電力情報検出方式をアナログおよびデジタル動作の両面より分類をして、その動作特性を明らかにするために、各方式の信号対雑音電圧比や最小検出可能光電力をはじめ、種々の特性について理論的検討を行なった。

第4章は、第3章の系統的解析にもとづいて実験的に各方式を比較検討するもので、現在広く世界的に実用されている代表的な光電子増倍管数種を用いている。実験の結果は全般に理論との良好な一致を示しており、アナログ交流方式は時間分解能において有利であるが、デジタル方式としての光電子計数法は安定性ならびに高感度性において実用的にすぐれていることが確認された。

第5章は、光電子計数方式における最小検出可能光子数の概念を明らかにすることによって、最適動作法を論じたものである。極微弱光検出のための光電子増倍管の性能を比較するために、新しく計数効果を導入することによって、各種の光電子増倍管の比較を行なった。第6章は、前章で明らかになった光電子増倍管の特性に基づいて、更に感度を向上するために、雑音パルス抑制効果を伴う新しい方式を考案し、他の検出方式との比較検討を実験的に行ない、増感光電子計数方式と名付けるこの方式が実用的に良好なることを実際に示した。

第7章は、さらに極微弱光のスペクトル情報検出方式を系統的に分類・解析したものである。それより検出相互間の比較を行なって極微弱なスペクトル情報を検出するための動作方式としては、光電子パルスを計数するデジタル動作方式が適していることを述べる。第8章では、前章において良好な動作特性をもつことが明らかにされた光電子パルス時間分布分析方式を用い、極微弱な光散乱スペクトルを測定した結果と検討を述べたものである。

第9章は総括と結論である。

審 査 結 果 の 要 旨

可視域を中心として紫外から赤外部にわたる光波を利用するエレクトロニクスは、近年急速に研究開発が組織化され、実用化が進められている。この間レーザーをはじめ、さまざまな新しい装置や応用分野が開拓されたが、極めて弱い光の検出や情報抽出に関する系統的研究は、従来ほとんど行なわれていなかった。

本研究はこのような課題にとりくんだもので、著者は光電子増倍管を用いる極微弱光の電力情報ならびにスペクトル情報の検出のための諸方式を分類し、統一的観点よりそれらの動作特性を解析すると共に、実験によって 10^{-15} W以下の程度の極微弱光の検出が可能であることを明らかにした。本論文はこれらの研究成果をとりまとめたもので、全文9章よりなる。

第1章は総論である。第2章は極微弱入射光に対する光電子増倍管の基本的動作を、アナログおよびデジタル動作の両面よりとらえ、光の電力およびスペクトル情報と光電変換された光電流出力の周波数特性の関係を解明したものである。

第3章は、極微弱光の電力情報検出方式をアナログおよびデジタル動作にもとづいて全体で6種類に分類し、各方式の信号対雑音電圧比や最小検出可能光電力をはじめ種々の特性について、理論的検討を行なった結果をまとめたものである。

第4章は、第3章の系統的解析にもとづいて実験的に各方式を比較検討したもので、代表的な光電子増倍管数種についての結果が述べられている。それらは全般に理論との良好な一致を示しており、アナログ交流方式は時間分解能において有利であり、デジタル方式としての光電子計数法は、安定性ならびに高感度性において実用的にすぐれていることが確認された。

第5章は、光電子計数方式における最小検出可能光子数の概念を明確にすることによって、最適動作法を論じたもので、さらに極微弱光検出のための光電子増倍管の性能指数を新しく導入することによって、定量的比較、選別が可能なが示されており、これらは新しい知見である。第6章は増感光電子計数方式と名付ける新しい考案について述べたものである。これは従来の光電子計数方式に、光電子増倍管からの出力パルス波高分布を正しく考慮に入れることによって、雑音パルス抑制効果を得る方法で、従来の検出方式に比べて、実用的にすぐれていることが実証されており、重要な成果といえる。

第7章は、さらに極微弱光のスペクトル情報検出方式を系統的に分類、解析したものである。第8章は、前章において良好な動作特性をもつことが明らかにされた光電子パルス時間分布分析方式を用いて、極微弱な光散乱スペクトルを測定した結果とその検討を述べたもので、応用上有意義なものである。

第9章は総括と結論である。

以上要するに本論文は、極微弱光の情報検出のための基礎となる諸問題を実験的、理論的に解明し、すぐれた知見を加えたもので、電子工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。